

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

Method and device for the reproducible, three-dimensional positioning of a patient, especially for irradiation

Patent number: DE3436444
Publication date: 1986-04-10
Inventor: VOGEL RUDOLF DIPL ING (DE); BLANK PETER DR (DE); ROETTINGER ERWIN PROF DR (DE); SCHNEIDER EUGEN DR (DE)
Applicant: VOGEL RUDOLF DIPL ING;; BLANK PETER DR;; SCHNEIDER EUGEN;; ROETTINGER ERWIN PROF DR
Classification:
- **international:** A61B6/04; A61N5/10
- **european:** A61B6/08, A61N5/10E1
Application number: DE19843436444 19841004
Priority number(s): DE19843436444 19841004

Abstract of DE3436444

The invention provides a method and device for the reproducible, three-dimensional positioning of a patient, in which at least two reference images of the patient are recorded in two different image planes during a first, exact positioning of the patient and are compared with corresponding, real-time images, preferably by digital subtraction, during a subsequent positioning, which is to be reproduced, of this patient, the corresponding images being recorded with the same positions and with the same settings of the recording optical system; the position of the patient is changed until the respective reference images coincide with the corresponding, real-time images which are preferably generated continuously. This permits simple and quick adjustment of the position of the patient which can be reproduced extremely accurately.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

E.HS.02.00

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑪ **DE 3436444 A1**

⑤1 Int. Cl. 4:
A61B 6/04
A 61 N 5/10

②1 Aktenzeichen: P 34 36 444.7
②2 Anmeldetag: 4. 10. 84
④3 Offenlegungstag: 10. 4. 86

Behördenempfang

DE 3436444 A1

⑦1 Anmelder:

Röttlinger, Erwin, Prof. Dr., 7900 Ulm, DE; Schneider,
Eugen, Dr.; Blank, Peter, Dr., 7915 Elchingen, DE;
Vogel, Rudolf, Dipl.-Ing., 7901 Beimerstetten, DE

⑦4 Vertreter:

Kraus, W., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Weisert, A.,
Dipl.-Ing. Dr.-Ing.; Spies, J., Dipl.-Phys., Pat.-Anw.,
8000 München

⑦2 Erfinder:

gleich Anmelder

⑤4 Verfahren und Einrichtung zur reproduzierbaren dreidimensionalen Positionierung eines Patienten,
insbesondere zur Bestrahlung

Mit der Erfindung werden ein Verfahren und eine Einrichtung zum dreidimensional reproduzierbaren Positionieren eines Patienten zur Verfügung gestellt, worin wenigstens zwei Bezugsbilder des Patienten in zwei verschiedenen Bildebenen bei einer ersten exakten Positionierung des Patienten aufgenommen und bei einer späteren zu reproduzierenden Positionierung dieses Patienten mit entsprechenden aktuellen Bildern, vorzugsweise durch digitale Subtraktion, verglichen werden, welche von denselben Positionen und mit denselben Einstellungen der Aufnahmeoptik aufgenommen werden; die Positionierung des Patienten wird so lange verändert, bis die jeweiligen Bezugsbilder mit den entsprechenden aktuellen Bildern, welche bevorzugt fortlaufend erzeugt werden, übereinstimmen. Auf diese Weise ist eine einfache, schnelle und äußerst genau reproduzierbare Einstellung der Position des Patienten möglich.

DE 3436444 A1

KRAUS · WEISERT & PARTNER

PATENTANWÄLTE

UND ZUGELASSENE VERTRETER VOR DEM EUROPÄISCHEN PATENTAMT
DR. WALTER KRAUS DIPLOMCHEMIKER · DR.-ING. DIPL.-ING. ANNEKÄTE WEISERT · DIPL.-PHYS. JOHANNES SPIES
IRMGARDSTRASSE 15 · D-8000 MÜNCHEN 71 · TELEFON 089/797077
TELEGRAMM KRAUSPATENT · TELEX 5-212156 kpat d · TELEFAX (089) 7 91 82 33

3436444

4668 JS/ps

1. PROF. DR. E. RÖTTINGER
7900 Ulm

2. DR. E. SCHNEIDER
7915 Echingen

3. DR. P. BLANK
7915 Thalfingen

4. DIPL. ING. R. VOGEL
7901 Beimerstetten

Verfahren und Einrichtung zur reproduzierbaren drei-
dimensionalen Positionierung eines Patienten,
insbesondere zur Bestrahlung

P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Verfahren zur reproduzierbaren dreidimensionalen Positionierung eines Patienten, insbesondere zur Bestrahlung, g e k e n n z e i c h n e t durch die folgenden Verfahrensschritte:

5

(a) Anordnen des Patienten (1) in einer Bezugsposition für die Bestrahlung aufgrund der medizinisch gegebenen In-

04.10.84

3436444

dikation und Aufnahmen von mindestens zwei Bezugsbildern des Patienten (1) in zwei Bildebenen;

5 (b) Speichern der aufgenommenen Bezugsbilder;

(c) erneutes Positionieren des Patienten (1), nachdem dieser die Bezugsposition verlassen hat, in einer mit der Bezugsposition angenähert übereinstimmenden aktuellen Position;

10 (d) Aufnahmen von wenigstens zwei aktuellen Bildern des Patienten (1) von den gleichen Aufnahmeorten aus, von denen her die Bezugsbilder aufgenommen wurden sowie mit
15 den gleichen Objektiven, mit denen die Bezugsbilder aufgenommen wurden;

(e) Vergleichen der Bezugsbilder mit den aktuellen Bildern;
und

20 (f) Wiederholen der Verfahrensschritte (d) und (e) unter Veränderung der Position des Patienten (1) so lange, bis die aktuellen Bilder mit den Bezugsbildern übereinstimmen.

25 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Bezugsbilder und als aktuelle Bilder Fernsehbilder aufgenommen werden.

30 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Bezugsbilder und die aktuellen Bilder zum Bildvergleich digital voneinander subtrahiert werden.

4. Einrichtung zum Durchführen des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 3 zur reproduzierbaren dreidimensionalen Positionierung eines Patienten, umfassend eine verstellbare Halte- oder Trageinrichtung für den Patienten, insbesondere einen Patiententisch g e k e n n - z e i c h n e t durch:
 - (a) wenigstens zwei Bilderzeugungseinrichtungen (3,4,5,6), die so angeordnet sind, daß sie wenigstens zwei Bilder des Patienten (1) in zwei verschiedenen Bildebenen erzeugen;
 - (b) eine Bildspeichereinrichtung (21,38,39) zum Speichern der Bilder des Patienten (1); und
 - (c) eine Bildvergleichseinrichtung (22) zum Vergleichen von zwei mit den Bilderzeugungseinrichtungen (3,4,5,6) aufgenommenen Bezugsbildern mit zwei, ebenfalls mit den Bilderzeugungseinrichtungen (3,4,5,6) aufgenommenen aktuellen Bildern des Patienten (1).
5. Einrichtung nach Anspruch 4, dadurch g e k e n n - z e i c h n e t , daß die Bilderzeugungseinrichtungen (3,4,5,6) Fernsehkameras sind.
6. Einrichtung nach Anspruch 4 oder 5, dadurch g e k e n n z e i c h n e t , daß die Bildvergleichseinrichtung (22) eine digitale Subtraktionseinrichtung umfaßt oder ist.
7. Einrichtung nach Anspruch 4, 5 oder 6, dadurch g e k e n n z e i c h n e t , daß an die Bildvergleichseinrichtung (22) eine mittels dieser steuer- oder regelbare Verstelleinrichtung (37) für die verstellbare Halte- oder Trageinrichtung (2) für den Patienten (1), insbesondere eine Patiententischverstelleinrichtung, angekoppelt ist.

8. Einrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß ihre Steuereinrichtung (32), insbesondere ein Prozessor, über eine, vorzugsweise mikroprozessorgesteuerte, Schnittstelle (26) mit der
5 Steuereinrichtung (25), insbesondere einem Prozessor, einer Bestrahlungseinrichtung (8,23,24,25) verbunden ist.

9. Einrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß sie über eine, vorzugsweise mikroprozessorgesteuerte, Schnittstelle (26) mit
10 einer der Einrichtung (3 bis 6, 12 bis 22) zur Positionierung eines Patienten (1) und einer Bestrahlungseinrichtung (8,23,24,25) gemeinsamen Rechnersteuereinrichtung (25), insbesondere einem Prozessor, verbunden ist.

10. Einrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß eine Verstelleinrichtung (37) für die verstellbare Halte- oder Trageinrichtung (2), insbesondere eine Patiententischverstelleinrichtung, über die, vorzugsweise mikroprozessorgesteuerte, Schnittstelle (26) mit der
20 gemeinsamen Rechnersteuereinrichtung (25) verbunden ist.

11. Einrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß an der verstellbaren Halte- oder Trageinrichtung (2) für den Patienten (1), insbesondere an der Patiententischverstelleinrichtung (37), vorgesehene Positionssensoren über die, vorzugsweise mikroprozessorgesteuerte, Schnittstelle (26) mit der gemeinsamen Rechnersteuereinrichtung (25) verbunden sind.

12. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Bildvergleich nur in einer Bezugsebene erfolgt.

B E S C H R E I B U N G

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur reproduzierbaren dreidimensionalen Positionierung eines Patienten, insbesondere zur Bestrahlung, sowie eine Einrichtung zum Durchführen dieses Verfahrens, welche eine mechanisch verstellbare Halte- oder Trageinrichtung für den Patienten, insbesondere einen Patiententisch, umfaßt.

In der Strahlentherapie wird zur Behandlung maligner Tumoren eine genau festgelegte Energiedosis mit Photonen oder Teilchenstrahlen in das ein festgelegtes Zielvolumen eingestrahlt. Um einen optimalen therapeutischen Effekt zu erreichen, ist es erforderlich, die notwendige Dosis in mehreren Fraktionen, d.h. in mehreren Sitzungen, beispielsweise 30 Sitzungen, zu applizieren. Es ist nun außerordentlich wichtig, daß das Zielvolumen bei den verschiedenen, in einem Zeitraum von mehreren Wochen oder Monaten erfolgenden Bestrahlungen, also bei jeder einzelnen Sitzung, immer wieder vom Bestrahlungsgerät genau erfaßt wird. Hierzu ist es erforderlich, daß der Patient immer wieder bei jeder einzelnen Sitzung genau in die gleiche dreidimensionale Position gegenüber dem Bestrahlungsfeld gebracht wird.

Bisher wurde die Positionierung des Patienten durch Lichtmarken, z.B. mit Laserstrahlen durchgeführt, wozu Markierungen für den Zentralstrahl und die Feldgrenzen durch entsprechende Referenzpunkte auf der Patientenhaut angebracht werden. Diese Markierungen müssen z.B. mittels Tätowierungen, mittels Filzstift etc. am Patienten angebracht werden. Eine solche bekannte Art der Positionierung mittels Markierungen erfordert einen hohen Arbeits- und Zeitaufwand und

ist in manchen Körperbereichen für den Patienten kosmetisch wenig akzeptabel.

5 Außerdem ist die Genauigkeit der Positionierung, welche in der vorgenannten bekannten Weise durchgeführt wird, durch die notwendigen Abmessungen der Lichtmarkierungen und durch die Verschieblichkeit der Haut des Patienten auf etwa 1 bis 5 mm begrenzt.

10 Aufgabe der Erfindung ist es daher insbesondere, ein Verfahren und eine Einrichtung zur reproduzierbaren dreidimensionalen Positionierung eines Patienten zur Verfügung zu stellen, mit denen die Positionierung des Patienten schneller, einfacher und gleichzeitig noch genauer als mit den bisherigen
15 Methoden, insbesondere als bei der Positionierung mit Lichtmarken, erfolgen kann.

Diese Aufgabe wird mit einem Verfahren der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß erfindungsgemäß die folgenden
20 Verfahrensschritte vorgesehen sind:

(a) Anordnen des Patienten in einer Bezugsposition für die Bestrahlung aufgrund der medizinisch gegebenen Indikation und Aufnahmen von mindestens zwei Bezugsbildern
25 des Patienten in zwei Bildebenen;

(b) Speichern der aufgenommenen Bezugsbilder;

(c) erneutes Positionieren des Patienten, nachdem dieser
30 die Bezugsposition verlassen hat, in einer mit der Bezugsposition angenähert übereinstimmenden aktuellen Position;

(d) Aufnahmen von wenigstens zwei aktuellen Bildern des Patienten von den gleichen Aufnahmeorten aus, von denen
35

her die Bezugsbilder aufgenommen wurden sowie mit den gleichen Objektiven, mit denen die Bezugsbilder aufgenommen wurden;

- 5 (e) Vergleichen der Bezugsbilder mit den aktuellen Bildern; und
- (f) Wiederholen der Verfahrensschritte (d) und (e) unter Veränderung der Position des Patienten so lange, bis
10 die aktuellen Bilder mit den Bezugsbildern übereinstimmen.

Eine besonders vorteilhafte Ausbildung dieses erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, daß als Bezugsbilder und
15 als aktuelle Bilder Fernsehbilder aufgenommen werden.

Hierbei ist es in Weiterbildung der Erfindung zu bevorzugen, daß die Bezugsbilder und die aktuellen Bilder zum Bildvergleich digital voneinander subtrahiert werden.

20 Eine Einrichtung zum Durchführen des vorstehen Verfahrens zur reproduzierbaren dreidimensionalen Positionierung eines Patienten, der eine mechanisch verstellbare Halte- oder Trageinrichtung für den Patienten, insbesondere einen Patiententisch, umfaßt, zeichnet sich aus durch:

- (a) wenigstens zwei Bilderzeugungseinrichtungen, die so angeordnet sind, daß sie wenigstens zwei Bilder des Patienten in zwei zueinander senkrechten Bildebenen
30 erzeugen;
- (b) eine Bildspeichereinrichtung zum Speichern der Bilder des Patienten; und
- 35 (c) eine Bildvergleichseinrichtung zum Vergleichen von zwei mit den Bilderzeugungseinrichtungen aufgenommenen Be-

zugsbildern mit zwei, ebenfalls mit den Bilderzeugungseinrichtungen aufgenommen aktuellen Bildern des Patienten.

- 5 Vorzugsweise sind die Bilderzeugungseinrichtungen Fernsehkameras.

In Weiterbildung der Erfindung ist diese Einrichtung so ausgebildet, daß die Bildvergleichseinrichtung eine digitale Subtraktionseinrichtung umfaßt oder ist.

Das erfindungsgemäße Verfahren und die Einrichtung nach der Erfindung ermöglichen eine außerordentlich genaue und verhältnismäßig schnelle reproduzierbare Positionierung des Patienten, wobei die Genauigkeit dieser Positionierung, insbesondere bei der Anwendung der digitalen Subtraktion, 0,1 mm und weniger beträgt, und durch Verwendung entsprechender Objektive bei der Bilderzeugungseinrichtung zum Erzeugen der Bezugsbilder und der aktuellen Bilder, so weit gesteigert werden kann, wie es überhaupt im Rahmen des Medizinischen noch sinnvoll ist.

Das Einstellen der Verstellvorrichtung der Halte- oder Trageinrichtung für den Patienten, insbesondere des Patiententischs, kann sowohl manuell aufgrund des Ergebnisses des Bildvergleichs als auch automatisch dadurch erfolgen, daß gemäß einer Weiterbildung der Erfindung an die Bildvergleichseinrichtung eine mittels dieser steuer- oder regelbare Verstelleinrichtung für die verstellbare Halte- oder Trageinrichtung für den Patienten, insbesondere eine Patiententischverstelleinrichtung, angekoppelt ist.

Obwohl die Einrichtung zur reproduzierbaren dreidimensionalen Positionierung eines Patienten, wie sie vorstehend angegeben ist, unabhängig von einer Bestrahlungseinrich-

tung betrieben werden kann, die nach erfolgter Positionierung des Patienten aktiviert wird, ist es zu bevorzugen, die erfindungsgemäße Einrichtung so auszubilden, daß ihre Steuereinrichtung, insbesondere ein Prozessor, über eine, 5 vorzugsweise mikroprozessorgesteuerte, Schnittstelle mit der Steuereinrichtung, insbesondere einem Prozessor, der verwendeten Bestrahlungseinrichtung verbunden ist. Auf diese Weise können die Einrichtung zum Positionieren des Patienten und die Bestrahlungseinrichtung gemeinsam gesteuert werden und gemeinsamen Zugriff zu den Patientendaten 10 haben, die beispielsweise auf einer Magnetkarte gespeichert sind.

Die erfindungsgemäße Einrichtung kann auch so ausgebildet 15 sein, daß sie über eine, vorzugsweise mikroprozessorgesteuerte, Schnittstelle mit einer der Einrichtung zur Positionierung eines Patienten und einer Bestrahlungseinrichtung gemeinsamen Rechnersteuereinrichtung, insbesondere einem Prozessor, verbunden ist. Auf diese Weise kann die 20 Steuerung der Einrichtung zu Positionierung des Patienten und der Bestrahlungseinrichtung von einem gemeinsamen steuernden Rechner, der hier als Rechnersteuereinrichtung bezeichnet ist, gesteuert werden.

25 In diesem Fall kann, wenn die gemeinsame Rechnersteuereinrichtung, insbesondere ein Prozessor, in der Bestrahlungseinrichtung vorgesehen ist, die gesamte Einrichtung so ausgebildet sein, daß eine Verstelleinrichtung für die verstellbare Halte- oder Trageinrichtung für den Patienten, 30 insbesondere eine Patiententischverstelleinrichtung, über die, vorzugsweise mikroprozessorgesteuerte, Schnittstelle mit der gemeinsamen Rechnersteuereinrichtung verbunden ist. Dadurch ist es möglich, daß die Verstelleinrichtung, wie beispielsweise die Patiententischverstelleinrichtung, von 35 der gemeinsamen Rechnersteuereinrichtung gesteuert und so der Patient automatisch positioniert wird.

Insbesondere ist es für diesen Fall vorgesehen, daß an der mechanisch verstellbaren Halte- oder Trageinrichtung für den Patienten, insbesondere an der Patiententischverstell-
einrichtung, vorgesehene Positionssensoren über die, vor-
zugsweise mikroprozessorgesteuerte, Schnittstelle mit der
gemeinsamen Rechnersteuereinrichtung verbunden sind.

Die Erfindung sei nachfolgend unter Bezugnahme auf die Figuren 1 bis 3 der Zeichnung anhand einiger besonders bevorzugter Ausführungsformen näher erläutert; es zeigen:

Figur 1A ein Bild einer in einer erfindungsgemäßen Einrichtung vorgesehenen Bilderzeugungseinrichtung, das seitlich aufgenommen worden ist und einen experimentellen Aufbau zur Bestimmung der erreichbaren Genauigkeit darstellt, wobei eine Meßuhr die vertikale Verschiebung relativ zu einer Ausgangslage anzeigt;

Figur 1B das Ergebnis einer digitalen Subtraktion eines Bezugsbildes und eines aktuellen Bildes bei vertikaler Verschiebung des Patienten um 0,1 mm gegenüber einer exakten Positionierung, bei welcher also das Bezugsbild und das aktuelle Bild genau übereinstimmen würden;

Figur 1C das Ergebnis einer digitalen Subtraktion eines Bezugsbildes und eines aktuellen Bildes bei vertikaler Verschiebung des Patienten um 0,4 mm gegenüber einer exakt genau gleichen Positionierung;

Figur 2 eine schematische Darstellung einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Einrichtung zur reproduzierbaren dreidimensionalen Positionierung

eines Patienten, die mit einer Bestrahlungseinrichtung zusammenwirkt; und

- Figur 3 ein in etwas nähere Einzelheiten gehendes Blockschaltbild einer Einrichtung zum Positionieren eines Patienten gemäß der Erfindung, die in erfindungsgemäßer Weise mit einer Bestrahlungseinrichtung verbunden ist.
- Es sei zunächst auf Figur 2 Bezug genommen, in der im linken und oberen Teil eine Einrichtung zur reproduzierbaren dreidimensionalen Positionierung eines Patienten dargestellt ist. Diese Einrichtung umfaßt eine verstellbare Halte- oder Trageinrichtung für den Patienten 1, die hier ein Patiententisch 2 ist, auf dem im vorliegenden Fall der Patient 1 liegt. Außerdem umfaßt die Einrichtung mehrere Bilderzeugungseinrichtungen 3, 4, 5 und 6, die vorliegend als Fernsehkameras ausgebildet sind.
- Die Bilderzeugungseinrichtungen 3 und 4 ermöglichen eine Aufnahme des Patienten von der Seite in einer ersten vertikalen Bildebene, wobei die Bilderzeugungseinrichtung 3 oder 4 wahlweise verwendet wird, je nachdem, in welcher Position sich das entsprechend dem Doppelpfeil 7 verschwenkbare Bestrahlungsgerät 8 befindet. In der dargestellten Position des Bestrahlungsgeräts verdeckt dieses den in gestrichelten Linien 9 angedeuteten Aufnahmewinkel der Bilderzeugungseinrichtung 4, so daß in dieser Position des Bestrahlungsgeräts 8 die Bilderzeugungseinrichtung 3 verwendet wird. Wenn dagegen das Bestrahlungsgerät 8 auf die andere Seite des Patiententischs 2 positioniert ist, dann liegt es im Aufnahmewinkel 10 der Bilderzeugungseinrichtung 3, so daß anstelle dieser Bilderzeugungseinrichtung 3 die Bilderzeugungseinrichtung 4 verwendet wird.

Zur Erzeugung eines Bezugbildes und eines aktuellen Bildes des Patienten in einer Bildebene, die senkrecht zu der Bildebene der Bilderzeugungseinrichtungen 3 und 4 verläuft, ist die Bilderzeugungseinrichtung 5 vorgesehen, deren Aufnahmewinkel 11 stets unverdeckt ist.

Die außerdem noch vorgesehene Bilderzeugungseinrichtung 6 ist fest mit der Bestrahlungseinrichtung 8 verbunden und dient dazu, eine entsprechende Lichtmarkierung, die von der Bestrahlungseinrichtung zur Markierung des Bestrahlungsbereichs mit erzeugt wird, aufzunehmen.

Weiter umfaßt die in Figur 2 dargestellte Einrichtung zur Positionierung des Patienten 1 eine Bildverarbeitungs- und -speichereinrichtung 12, die an ihrem einen Eingang 13 über einen Umschalter 14 wahlweise über Leitungen 15, 16, 17 und 18 mit einer der Bilderzeugungseinrichtung 3, 4, 5 oder 6 verbindbar ist.

Diese Bildverarbeitungs- und -speichereinrichtung ist an ihrem Ausgang 19 mit einem Bildschirmmonitor 20 verbunden, auf dem sowohl die einzelnen Bilder, welche von den Bilderzeugungseinrichtungen 3, 4, 5 oder 6 erzeugt werden, als auch das Ergebnis einer digitalen Subtraktion von zwei entsprechenden Bildern darstellbar ist.

Die Bildverarbeitungs- und -speichereinrichtung 12 weist insbesondere, jedoch nicht notwendigerweise ausschließlich, eine Bildspeichereinrichtung 21 zum Speichern der Bilder des Patienten auf, sowie eine Bildvergleichseinrichtung 22 zum Vergleichen von zwei mit den Bilderzeugungseinrichtungen 3, 4, 5 und 6 aufgenommenen Bezugsbildern mit zwei, ebenfalls von den Bilderzeugungseinrichtungen 3, 4, 5 und 6 aufgenommenen aktuellen Bildern des Patienten 1.

Wie die Figur 2 zeigt, ist die Bildspeichereinrichtung 21 sowohl mit dem Eingang 13 der Bildverarbeitungs- und -speichereinrichtung als auch mit der Bildvergleichseinrichtung 22 verbunden, die ihrerseits ebenfalls über den Eingang 13 mit den einzelnen Bilderzeugungseinrichtungen 3, 4, 5 und 6 verbindbar ist und die über den Ausgang 19 an den Monitor angekoppelt ist.

Die in Figur 2 dargestellte Einrichtung umfaßt außer der eben erläuterten Einrichtung zum reproduzierbaren dreidimensionalen Positionieren des Patienten 1 ein Betriebsgerät für die Bestrahlungseinrichtung 8, das folgendes aufweist:

- 15 (a) ein Bedienterminal 23, über das insbesondere die verschiedenen Steuerbefehle aber auch sonstige Daten eingegeben werden können, soweit sie nicht durch die Eingabe-/Ausgabeeinrichtung 24, wie weiter unten erläutert ist, eingegeben werden;
- 20 (b) eine Steuereinrichtung 25, insbesondere einen steuernden Rechner (Rechnersteuereinrichtung), der vorzugsweise ein Prozessor ist und im vorliegenden Falle sowohl die gesamte Bestrahlungseinrichtung als auch, wie unten erläutert, die Einrichtung zur Positionierung des Patienten steuern kann;
- 25 (c) die bereits erwähnte Eingabe-/Ausgabeeinrichtung 24, die bevorzugt ein Magnetkartenleser und -drucker ist, der dazu dient, die mit den Daten der einzelnen Patienten versehenen Magnetkarten zu lesen und jeweils entsprechend der erfolgten Bestrahlung zu modifizieren;
- 30 (d) eine Schnittstelle 26, über welche die Steuereinrichtung 25 einerseits an die Eingabe-/Ausgabeeinrichtung
- 35

24 und andererseits über entsprechende Verbindungsleitungen 27, beispielsweise einen Bus an die Bildverarbeitungs- und -speichereinrichtung 12 angekoppelt ist, so daß sie diese steuern kann. Die Schnittstelle 26 ist vorzugsweise eine mikroprozessorgesteuerte Schnittstelle.

Im übrigen ist in Figur 2 eine Strahlenschutzmauer 28 eingezeichnet, welche den Therapieraum 29 vom Kontrollraum 30 trennt. Durch diese Strahlenschutzmauer 28 gehen Verbindungsleitungen 31 hindurch, welche das Bestrahlungsgerät 8 mit dem Kontroll- und Bedienungsgerät aus den Einheiten 23, 24 und 25 verbinden und zusammen mit dem Bestrahlungsgerät 8 die gesamte Bestrahlungseinrichtung bilden.

Es sei nun auf die Ausführungsformen der Figur 3 eingegangen und in diesem Zusammenhang darauf hingewiesen, daß in Figur 3 für gleichartige bzw. entsprechende Teile und Baueinheiten die gleichen Bezugszeichen wie in Figur 2 verwendet worden sind, so daß, soweit diese Bezugszeichen anhand der Figur 2 bereits erläutert wurden, auf diese Erläuterungen verwiesen wird.

Die Ausführungsform der Figur 3 unterscheidet sich von derjenigen der Figur 2 im wesentlichen durch folgendes:

- (1) In der Einrichtung, welche zur reproduzierbaren dreidimensionalen Positionierung des Patienten dient, ist zusätzlich eine Steuereinrichtung 32, beispielsweise ein Prozessor, vorgesehen, wodurch es ermöglicht wird, die Bestrahlungseinrichtung 8, 23, 24 und 25, welche mit der Steuereinrichtung 32 der Positionierungseinrichtung über die Schnittstelle 26 verbunden ist, von der Positionierungseinrichtung abzutrennen und beide

dieser Einrichtungen, also die Bestrahlungseinrichtung und die Positionierungseinrichtung unabhängig voneinander mit je einer eigenen Steuereinrichtung 25 bzw. 32 zu betreiben; in diesem Falle wird dann die Steuereinrichtung 25 direkt mit der Eingabe-/Ausgabeeinrichtung 24 verbunden. Sind dagegen Bestrahlungseinrichtung und Positionierungseinrichtung miteinander über die Schnittstelle 26 verbunden, dann kann der Bildvergleich in der Bildvergleichseinrichtung 22 entweder von der Steuereinrichtung 32 oder von der Steuereinrichtung 25 gesteuert werden. Die Steuereinrichtung 32 ist über Verbindungsleitungen 33 oder einen entsprechenden Bus zur Übermittlung der Bilddaten sowie über Verbindungsleitungen 34, die zur Übertragung von Fernsteuerdaten dienen, mit der Bildverarbeitungs- und -speichereinrichtung 12 verbunden.

(2) Bei der Ausführungsform nach Figur 3 ist für die Positionierungseinrichtung ein Bedienpult 35 vorgesehen, das sich im Therapieraum 29 befindet und insbesondere die Steuerung der Aufnahme der Bezugsbilder ermöglicht.

(3) Die Steuereinrichtung 32 der Positionierungseinrichtung ist über Verbindungsleitungen 36 mit einer Verstelleinrichtung 37 zur Steuerung derselben verbunden. Diese Verstelleinrichtung 37 ist die Verstelleinrichtung einer Halte- oder Trageinrichtung für den Patienten, insbesondere eine Patiententischverstelleinrichtung, die ihrerseits nicht dargestellte Positionssensoren enthalten kann.

(4) Schließlich sind zusätzliche Bildspeichereinrichtungen 38 und 39 mit der Steuereinrichtung 32 der Positionierungseinrichtung verbunden, um Bilder, insbesondere Bezugsbilder, von Patienten über optische Speicherplatten

zu speichern und einzulesen, was mit der Speichereinrichtung 38 geschieht und/oder Bilder, insbesondere Bezugsbilder, von Patienten über magnetische Platten zu speichern oder einzulesen, was über die Bildspeichereinrichtung 39 geschieht. Es sei in diesem Zusammenhang darauf hingewiesen, daß in der Bildspeichereinrichtung 21 bei größerem Speicherbedarf nur bevorzugt diejenigen Bilder, insbesondere Bezugsbilder, von Patienten eingespeichert werden, die man häufig braucht, und zwar insbesondere von Patienten, die mehrmals pro Woche zur Bestrahlung kommen.

Es sei nun anhand der Figuren 1 bis 3 die Verfahrensweise erläutert, mit der ein Patient positioniert und bestrahlt wird:

Bei der ersten von mehreren in verschiedenen zeitlichen Abständen erfolgenden Bestrahlung des Tumors eines Patienten wird der Patient 1 aufgrund der medizinischen Indikation auf dem Patiententisch 2 relativ zu dem Bestrahlungsgerät 8 positioniert, wobei Größe und Kontur des Bestrahlungsbereichs sowie die Richtung der Bestrahlung festgelegt und eingestellt werden. Dann werden von dem Patienten 1 in dessen Bestrahlungsposition wenigstens zwei erste Bilder, die hier als Bezugsbilder bezeichnet werden, in zwei verschiedenen, vorzugsweise zueinander senkrechten oder sich schneidenden, Bildebenen aufgenommen und gespeichert, z.B. digital in einem Rechner (Bildspeichereinrichtung 21).

Es sei hier ergänzend zu der weiter oben gegebenen Erläuterung der Figur 2 darauf hingewiesen, daß vorzugsweise noch eine weitere Bilderzeugungseinrichtung, bevorzugt in der Form einer Fernsehkamera, senkrecht über dem Patienten an der Decke des Bestrahlungsraums vorgesehen ist, so

daß die beiden zur reproduzierbaren dreidimensionalen Positionierung des Patienten 1 benötigten Bezugsbilder bevorzugt von einer der beiden Bilderzeugungseinrichtungen 3 oder 4 und von der weiteren, an der Decke des Bestrahlungsraums befindlichen Bilderzeugungseinrichtung aufgenommen werden. In diesem Fall ist die Bilderzeugungseinrichtung 5 vorteilhafterweise so angeordnet, daß sie ein Bild des Patienten schräg von vorn, oben aufnimmt, also sagittal. Es können selbstverständlich je nach Bedarf auch mehr als zwei Bezugsbilder des Patienten aufgenommen werden, also zusätzlich Bezugsbilder mittels der Bilderzeugungseinrichtungen 5 und 6. Die Bilderzeugungseinrichtungen 5 und 6 sind, da auch die Bilderzeugungseinrichtung 6 ebenso wie die Bilderzeugungseinrichtung 5 den Patienten im allgemeinen schräg von oben aufnimmt, vor allem zur Aufnahme der Kontur des Bestrahlungsbereichs und der Richtung der Bestrahlung vorgesehen, wobei, wie bereits erwähnt, die Kontur des Bestrahlungsbereichs durch ein optisches System angezeigt wird, das im Bestrahlungskopf des Bestrahlungsgeräts 8 enthalten ist und ein entsprechendes Lichtfeld auf die Haut des Patienten wirft, welches zusammen mit dem Bild des Patienten von den Bilderzeugungseinrichtungen 5 und 6 aufgenommen wird, so daß die Bezugsbilder der Bilderzeugungseinrichtungen 5 und 6 zur Positionierung des Bestrahlungsgeräts 8 hinsichtlich Bestrahlungsbereich und Richtung der Bestrahlung in entsprechender Weise wie die Bezugsbilder der anderen Bilderzeugungseinrichtungen 3, 4 und der an der Decke über dem Patienten befindlichen weiteren Bilderzeugungseinrichtung verwendet werden können.

30

Die in der Bildspeichereinrichtung digital in Form von Fernsehbildern gespeicherten Bezugsbilder können über die magnetische Bildspeichereinrichtung 39 auf einer Magnetplatte oder einer Floppy Disc gespeichert werden, welche den Patientenunterlagen beigelegt wird, zu denen ein Daten-

35

träger, beispielsweise in Form einer Magnetkarte, gehört, worauf die später für den Betrieb der Positionierungs- und Bestrahlungseinrichtung erforderlichen Daten gespeichert sind. Außerdem können die Bezugsbilder auch mittels
5 der Langzeit-Bildspeichereinrichtung 38, beispielsweise zu Zwecken der Archivierung, und zwar mittels einer optischen Platte gespeichert werden.

Wenn der Patient nach einem oder mehreren Tagen oder ei-
10 ner oder mehreren Wochen zu einer weiteren Bestrahlung kommt, mit welcher in das gleiche Zielvolumen eine zusätzliche Dosis eingestrahlt werden soll, wird das Speichermedium mit den Patientendaten beispielsweise die bereits erwähnte Magnetkarte in die Eingabe-/Ausgabeeinrichtung 24 gesteckt, und außer-
15 dem werden die Bezugsbilder von der ersten Bestrahlung über die Bildspeichereinrichtung 39 oder 38 in die Positionierungseinrichtung eingelesen, nämlich in deren aktuelle Bildspeichereinrichtung 21, oder sie befinden
sich bei Patienten, die sehr häufig bestrahlt werden
20 müssen, in dieser aktuellen Bildspeichereinrichtung 21.

Dann wird der Patient 1 auf dem Patiententisch 2 angenähert in die vorgesehene Position gebracht, und zwar durch seine Lage auf dem Patiententisch 2 selbst wie auch durch
25 entsprechende Einstellung der Lage des Patiententisches mittels der Patiententischverstelleinrichtung 37. Hierauf werden mittels der gleichen Bilderzeugungseinrichtungen, mit denen die Bezugsbilder aufgenommen worden sind, aktuelle Bilder aufgenommen, und das aktuelle Bild der jeweiligen
30 Bilderzeugungseinrichtung wird auf dem Monitor 20 mit dem Bezugsbild dieser gleichen Bildeinrichtung durch digitale Subtraktion verglichen, wozu also die Bildpunkthelligkeitssignale digitalisiert worden sind. Die Figur 1A zeigt ein laterales Bild eines auf dem Patiententisch 2 lie-
35 genden Phantoms 1 mit einer Meßuhr, die die erreichbare

Genauigkeit veranschaulichen soll (experimenteller Aufbau). Diese Meßuhr zeigt die vertikale Verschiebung relativ zur Bezugsposition bzw. Ausgangslage an. Die Figuren 1B und 1C zeigen ein Bild, wie es sich auf dem Monitor 20 bei
5 digitaler Subtraktion des Bezugsbilds und des aktuellen Bildes der Bilderzeugungseinrichtung 3 oder 4 ergibt, wobei die Figur 1B einer vertikalen Verschiebung des Patienten um 0,1 mm aus der Bezugs-
lage und die Figur 1C eine senkrechte Verschiebung des Patienten um 0,4 mm aus der Be-
zugs-
10 zugs-
lage veranschaulichen. Die Position des Patienten wird nun, insbesondere mit der Verstelleinrichtung 37, so lange verstellt, bis die den Figuren 1B und 1C entsprechenden Differenzbilder zwischen Bezugsbild und aktuellem Bild überhaupt keine Konturen mehr erkennen lassen, so daß dann
15 der Patient exakt in vertikaler Richtung positioniert ist. Das gleiche geschieht hinsichtlich der horizontalen Positionierung des Patienten.

Die erzielte Genauigkeit ist durch Wahl einer entsprechenden
20 Optik modifizierbar.

Dieser Vorgang der Positionierung des Patienten kann über Steuerung durch den Rechner bzw. Prozessor 32 oder mit Hilfe der Schnittstelle 26 über den Rechner bzw. Prozessor
25 25 automatisch erfolgen, und zwar einschließlich der Einstellung des Bestrahlungsgeräts 8, insbesondere hinsichtlich Größe und Kontur des Bestrahlungsbereichs sowie Richtung der Bestrahlung, deren Werte auf dem Datenträger gespeichert und über die Eingabe-/Ausgabeeinrichtung 24
30 eingelesen worden sind. Da die Positionierungseinrichtung (in Figur 3 rechts von der Schnittstelle 26) und die Bestrahlungseinrichtung (in Figur 3 links von der Schnittstelle 26) über die mikroprozessorgesteuerte Schnittstelle 26 verbunden sind, ermöglicht diese Schnittstelle 26 den Zugriff
35 der Positionierungseinrichtung zu den Daten, die in die

Bestrahlungseinrichtung eingegeben worden sind. Dann braucht das Bedienpult 35 nur als Alternative zu dem Bedienterminal 23 verwendet zu werden; im Falle des Ausführungsbeispiels der Figur 3 braucht das Bedienpult 35 wegen der Verbunds der Bestrahlungs- und Positionierungseinrichtung nur die Speicherung der Bezugsaufnahmen zu steuern.

Durch eine einfache Umschaltung kann aber auch die Verbindung über die Schnittstelle 26 getrennt und die Steuereinrichtung 25 direkt mit der Eingabe-/Ausgabeeinrichtung 24 verbunden werden, so daß dann die Bestrahlungseinrichtung und die Positionierungseinrichtung jeweils gesondert unabhängig voneinander betrieben werden können. In diesem Falle dient das Bedienpult 35 zur Eingabe aller Befehle und zusätzlichen Informationen für die Positionierungseinrichtung, wobei außerdem noch eine Eingabe-/Ausgabeeinrichtung für die Positionierungseinrichtung vorgesehen sein kann, welche der Eingabe-/Ausgabeeinrichtung 24 entspricht.

Das Verfahren und die Einrichtung zur reproduzierbaren dreidimensionalen Positionierung, wie vorstehen beschrieben, hat gegenüber den nach dem Stande der Technik benutzten Verfahren und Einrichtungen zur Positionierung von Patienten insbesondere folgende Vorteile:

(1) Die exakte Reproduzierbarkeit einer einmal festgelegten Position ist auf relativ einfache und zeitsparende Weise mit hoher Genauigkeit möglich.

(2) Markierungen am Patienten mittels Filzstift, Tätowierungen o.dgl., die besonders störend im Kopf- und Halsbereich sind, können unterbleiben.

- 5 (3) Veränderungen an oberflächlich gelegenen oder erkennbaren Tumoren sind während der Bestrahlungstherapie leicht zu erkennen, weil hierdurch eine äußere Gestaltveränderung am Körper des Patienten im Bereich der Tumoren bewirkt werden kann. Infolgedessen können entsprechende Änderungen der Bestrahlungsparameter, z.B. Verkleinerungen des Bestrahlungsfelds, rechtzeitig vorgenommen werden.
- 10 (4) Ein Wechsel des Bedienungspersonals hat keine nachteiligen Folgen, weil die Positionierung schnell und sicher anhand der gespeicherten Bezugsbilder auch von anderem Personal durchgeführt werden kann.
- 15 (5) Auf aufwendig herzustellende und auch oft störende Masken aus Plexiglas, wie sie zur optischen oder mechanischen Fixierung des Patienten nach dem Stande der Technik unter gegebenenfalls vorgesehenen optischen Markierungen an der Maske im Falle der optischen
- 20 Fixierung verwendet werden, kann verzichtet werden.
- (6) Die Position des Patienten kann während der gesamten Bestrahlungsdauer am Differenzbild aus Bezugsbild und aktuellem Bild, das ständig berechnet und dargestellt wird, kontrolliert werden, und es ist sogar möglich, diese Position immer wieder über die Patiententischverstelleinrichtung mittels des Prozessors bzw. Rechners 32 oder 25 laufend auf ihren exakten Wert einzuregeln.

30 Abschließend seien zusätzliche Anwendungen des hier beschriebenen neuen Verfahrens und der hier beschriebenen neuen Einrichtung angegeben:

- 5 (I) Es ist eine reproduzierbare Anordnung von irregulär geformten Bestrahlungsfeldern möglich, insbesondere mit Hilfe der Bilderzeugungseinrichtung 6, die fest mit dem Bestrahlungsgerät 8 verbunden ist, indem entsprechend mit dem beschriebenen Verfahren ein oder mehrere Abschirmblöcke für die Strahlung positioniert werden, wobei die Abschirmblöcke indirekt durch ihre Schatten im Lichtfeld des optischen Systems des Bestrahlungsgeräts 8 zu sehen sind, welche durch die Bilderzeugungseinrichtungen mit aufgenommen werden.
- 10
- 15 (II) Es ist eine Kontrolle der korrekten Einstellung einer jeden einzelnen Bestrahlung durch Speichern der jeweiligen Differenzbilder aus den Bezugsbildern und den zugehörigen aktuellen Bildern möglich.
- 20 (III) Weiter ist eine Speicherung der Lokalisation von Bestrahlungsfeldern zur Berücksichtigung bei später eventuell erforderlichen benachbarten Bestrahlungsfeldern möglich, indem in der langzeitigen Bildspeichereinrichtung 38 oder in der Magnetplattenbildspeichereinrichtung 39 die digitalen Bilddaten der Bilder, auf denen auch das Bestrahlungsfeld sichtbar ist, gespeichert werden.
- 25

04 10 10

- 27 -

Nummer:
Int. Cl. 4:
Anmeldetag:
Offenlegungstag:

34 36 444
A 61 B 6/04
4. Oktober 1984
10. April 1986

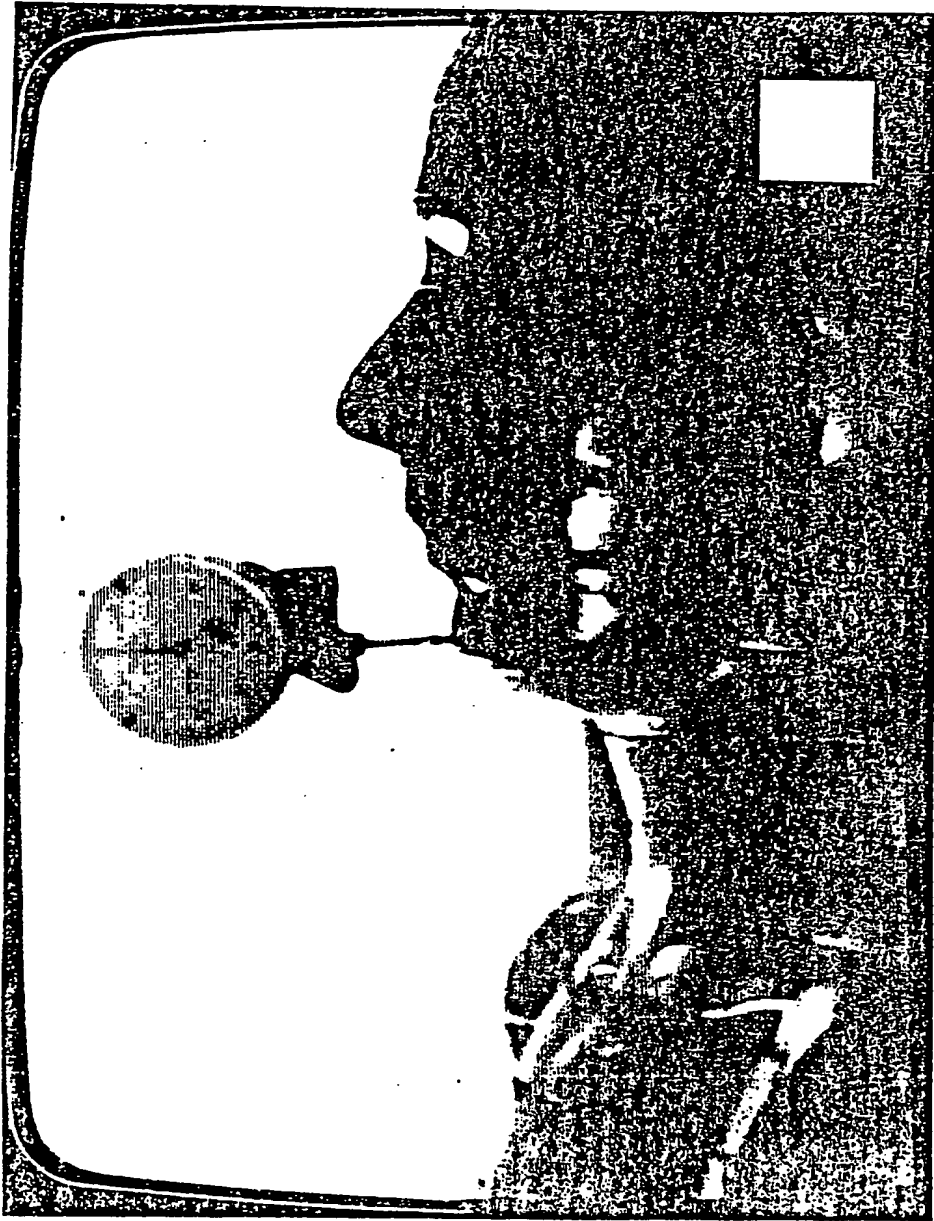


FIG. 1A

3436444

-23-

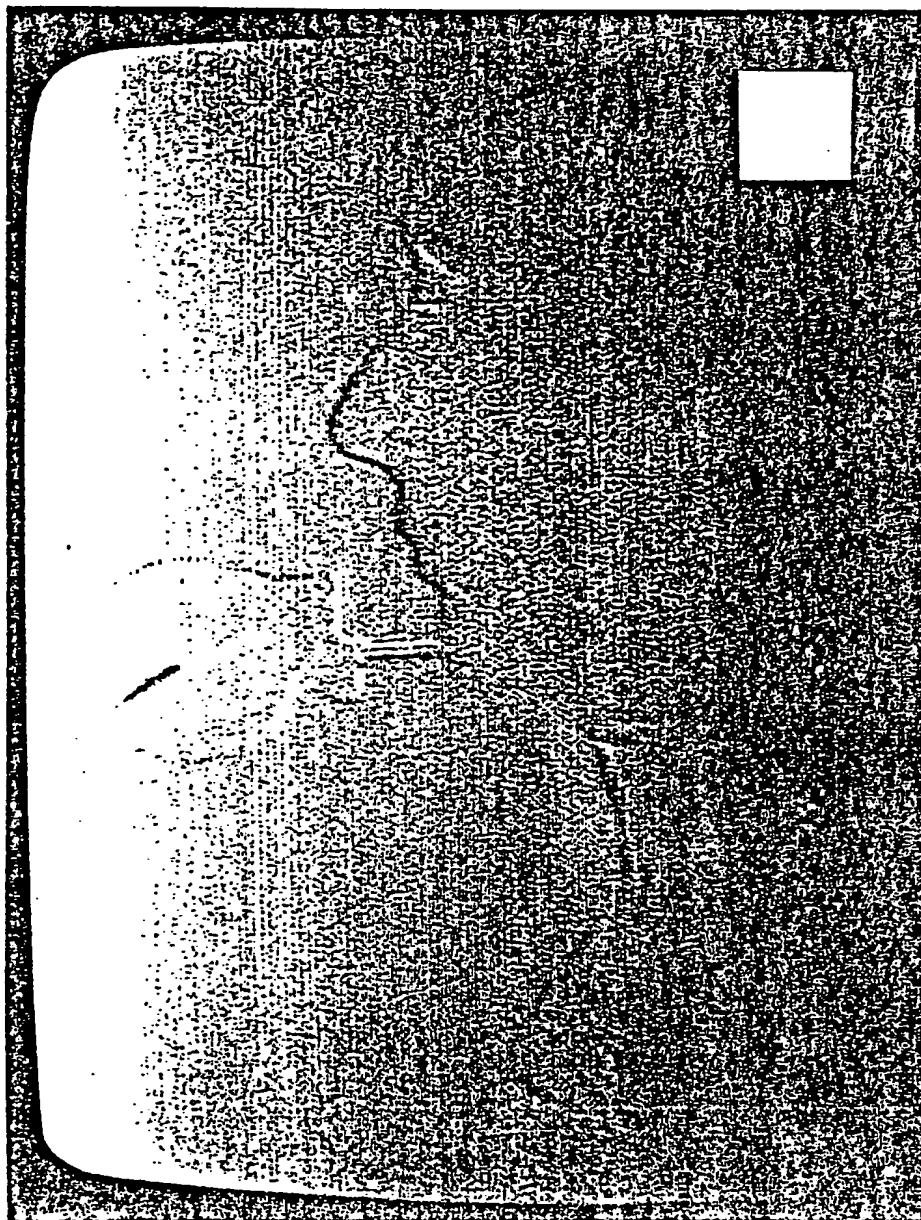


FIG. 1B

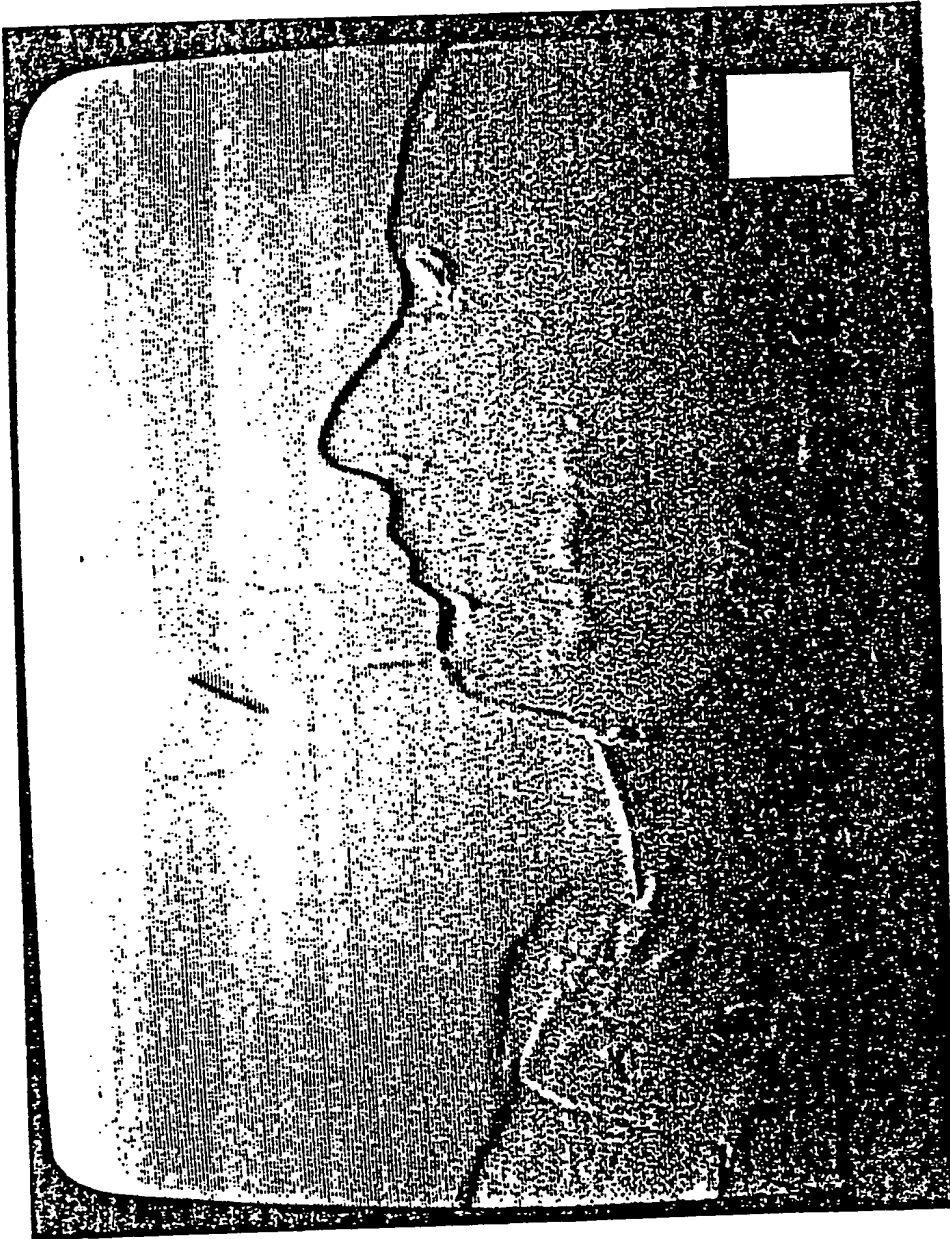


FIG. 1G

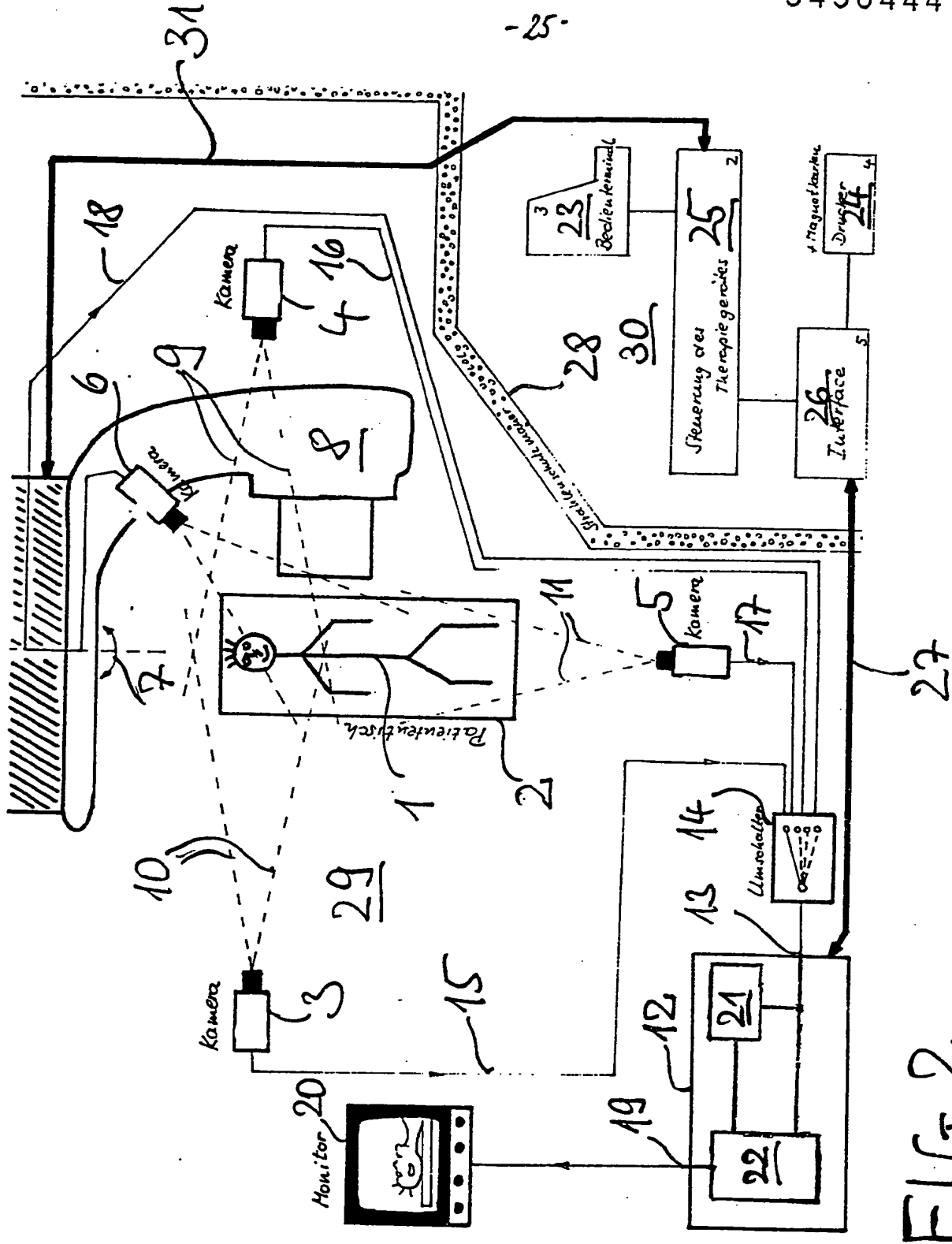


FIG. 2

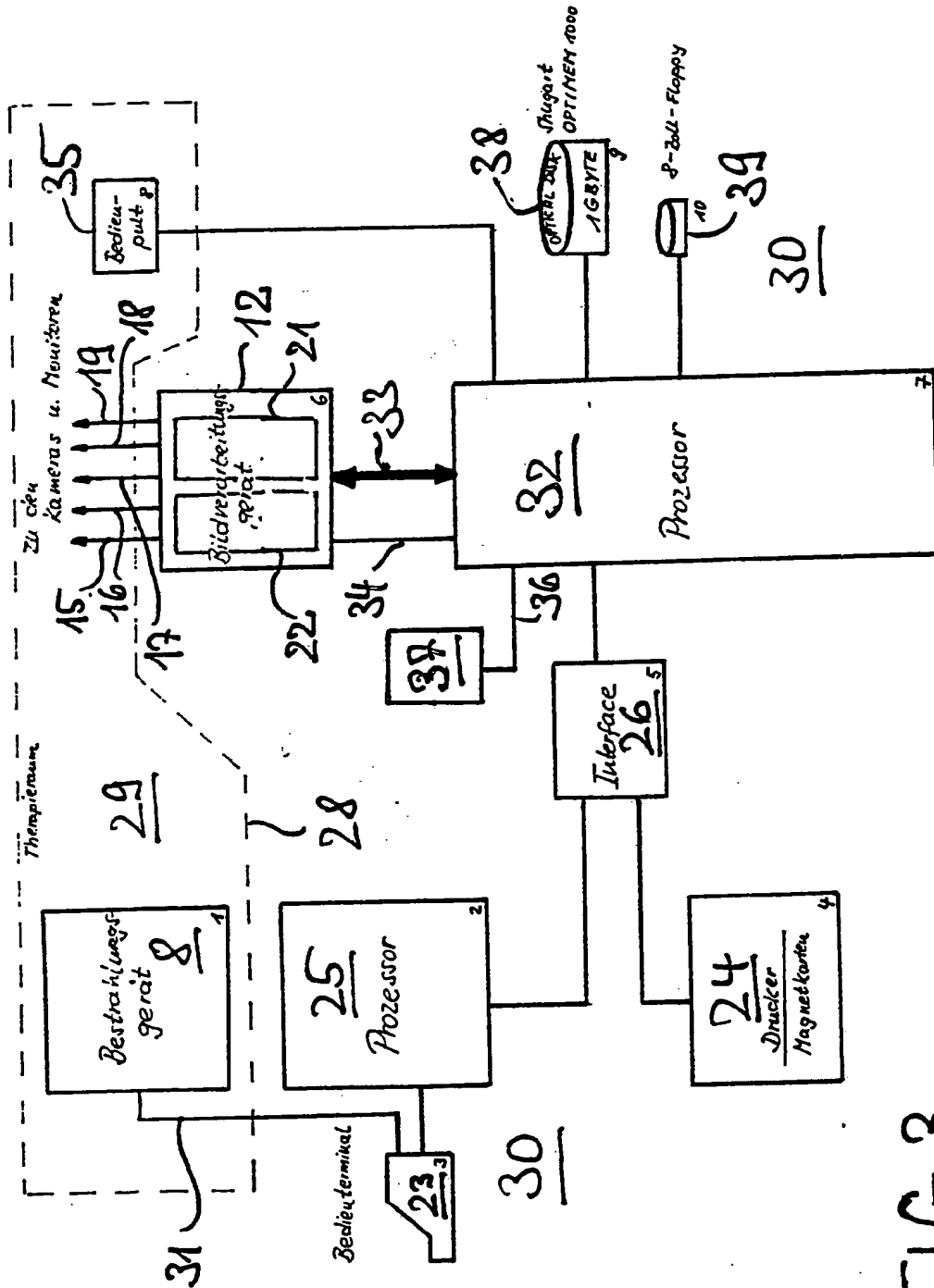


FIG. 3